



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Beskrivelse af Casehuse

bygningintegreret energiforsyning

Jensen, Rasmus Lund; Nørgaard, Jesper; Daniels, Ole; Justesen, Rasmus Onsild

Publication date:
2011

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Jensen, R. L., Nørgaard, J., Daniels, O., & Justesen, R. O. (2011). *Beskrivelse af Casehuse: bygningintegreret energiforsyning*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports Nr. 70

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Beskrivelse af casehuse

Bygningsintegreret energiforsyning

Rasmus L. Jensen
Jesper Nørgaard
Ole Daniels
Rasmus O. Justesen

Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Indeklima og Energi

DCE Technical Report No. 70

Beskrivelse af casehuse Bygningsintegreret energiforsyning

af

Rasmus L. Jensen
Jesper Nørgaard
Ole Daniels
Rasmus O. Justesen

August 2011

© Aalborg Universitet

Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

Technical Reports anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

Technical Memoranda udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes in mente, når publikationer i serien refereres.

Contract Reports benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

Lecture Notes indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

Theses er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

Latest News rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2011 af
Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Sohngårdsholmsvej 57,
DK-9000 Aalborg, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-726X
DCE Technical Report No. 70

Forord

Bygninger har hidtil været betragtet som rene aftagere (konsumenter) af energi. Nye krav til bygningers energieffektivitet, forbedret VE-teknologi og højere energipriser betyder imidlertid, at bygninger i stigende omfang vil optræde som både konsumenter og producenter (prosumenter). Nye og gamle bygninger vil blive udrustet med solfangere, solceller, varmepumper og brændselsceller. Dertil kommer anlæg til genbrug af varme ved ventilation og anvendelse af varmt vand. I et bygningsperspektiv består opgaven i at vælge den rette forsyningsløsning ud fra ydelse, robusthed, økonomi og miljøhensyn. I et overordnet energiforsynings-perspektiv består opgaven i at integrere de nye aftagere og producenter af energi i energiforsyningssystemet på en måde, der både tjener den enkelte bygning og det overordnede energiforsyningssystem. I begge tilfælde er der behov for forskningsbaseret analyse. En sådan vil kunne sikre, at de store investeringer, der fremover skal foretages i nye og gamle bygninger, og som inddrager bygningsintegreret energiforsyning, anvendes optimalt.

Projektet tager hånd om denne problemstilling, hvor både lille og stor skala analyseres. Der er opsat tre hovedområder som projektet dækker over.

Projektets formål

1. At vurdere potentielle løsninger med hensyn til ydelse, miljø og økonomi
2. At vurdere de samme løsningers robusthed med hensyn til forsyningsikkerhed, reduktion af spidsbelastninger og interaktion med forsyningsnettet
3. At vurdere, om løsningerne kan bidrage til overholdelse af energirammen for bygninger nu og i fremtiden.

Fire samarbejdspartnere deltager i projektet, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, Teknologisk Institut og Risø DTU. Projektleder er Ole Michael Jensen, afdeling for Energi og Miljø ved Statens Byggeforskningsinstitut.

Projektet består af tre større dele. Den første del er en state-of-the-art undersøgelse af vedvarende energiproduktion: "Teknologier for bygningsintegreret energiforsyning" (Katic, 2007). Den anden del fokuserer på at bestemme det samlede års energiforbrug og CO₂ udslip fra boliger med udgangspunkt i typiske parcelhuse fra 60'erne, 70'erne og 80'erne. Disse huse renoveres og udstyres med vedvarende energiproduktion og det resulterende energiforbrug, CO₂ udslip og omkostninger til bedringer bestemmes. I alt fire rapporter beskriver denne del af projektet: Person- og forbrugsprofiler (Jensen et al., 2011a), Beskrivelse af casehuse (Jensen et al., 2011b), Beregningsgang (Jensen et al., 2011c) og Resultater (Jensen et al., 2011d).

Til sidst er bygningsintegreret energiforsyning blevet vurderet på national plan. En opskalering af de tidligere fundne resultater benyttes til en undersøgelse af, hvilken energitype som er fordelagtig i hvilke dele af landet og forsyningsikkerheden betragtes. Rapporten: Assessment of Building Integrated Energy Supply and Energy Saving Schemes on a National Level in Denmark (Münster et al., 2011).

Projektet er udbudt af EFP 2007, projekt 033033-0056.

Indholdsfortegnelse

1	INDLEDNING	1
2	ORIENTERING	2
3	VEDVARENDE ENERGIKILDER	2
3.1	VARMEPUMPE	2
3.2	SOLVARMEANLÆG	2
3.3	SOLCELLEANLÆG	3
4	VENTILATION/INFILTRATION LUFTMÆNGDER	4
4.1	UNDERSØGELSER	4
5	MEKANISK VENTILATION	6
6	KONSTRUKTIVSVARIATIONER	8
6.1.1.1	Ydermure	8
6.1.1.2	Tag/loft	9
6.1.1.3	Terrændæk	9
6.1.1.4	Vinduer	10
6.2	GENERISKE HUSE	10
6.2.1	U-værdier	10
6.2.2	Vinduer	10
6.2.3	Linjetab	12
6.2.4	1961-1972	13
6.2.4.1	Tunge ydervægge	13
6.2.4.2	Lette ydervægge	14
6.2.4.3	Tag/loft	16
6.2.4.4	Terrændæk	16
6.2.5	1973-1978	18
6.2.5.1	Tunge ydervægge	18
6.2.5.2	Let ydervæg	19
6.2.5.3	Tag/loft	19
6.2.5.4	Terrændæk	20
6.2.6	1979-1998	22
6.2.6.1	Tunge ydervægge	22
6.2.6.2	Let ydervæg	23
6.2.6.3	Tag/loft	24
6.2.6.4	Terrændæk	25
6.3	PROTOTYPEHUSET	26
6.3.1.1	Ydervægge	26
6.3.1.2	Tag/loft	27
6.3.1.3	Terrændæk	27
6.3.1.4	Vinduer	28
6.3.1.5	Linjetab	28
6.4	KOMFORTHUS	28
6.4.1.1	Ydervæg	28
6.4.1.2	Tag/loft	29
6.4.1.3	Terrændæk	29
6.4.1.4	Vinduer	29
6.4.1.5	Linjetab	29
7	LITTERATURLISTE	30

1 Indledning

Denne rapport beskriver typiske konstruktionsopbygninger for klimaskærmen (Vinduer, gulv, ydervæg og tag/loft) for huse opdelt i perioderne 1961-1972, 1973-1978 og 1979-1998. Herudover beskrives hvilke forbedringer der skal udføres for at føre konstruktionens U-værdi op til mindste værdierne angivet i Bygningsreglement 2010 (BR10) og værdier for byggeri, der vil ligge omkring lavenergi byggeri klasse 2015 og passivhus niveau (herefter samlet omtalt som lavenergi). Værdier for passivhus niveau er valgt ud fra erfaringerne i projektet omkring Komfort Husene i Skibet ved Vejle (Saint-Gobain Isover a/s, 2010). I et enkelt tilfælde er det valgt også at medtage forslag til forbedringer, der er ringere end BR10, dette er hulmursisolering af ydervæg, der er en simpel og billig forbedring af klimaskærmen.

Endvidere beskrives konstruktionsopbygninger for klimaskærmen i to benyttede eksempelhuse. Prototypehuset, som oprindeligt er et 70'ers parcelhus og er blevet renoveret til lavenergi klasse 1 krav (Larsen et al., 2010a). Her kendes renoveringsomkostningerne (2.000.000 kr.). Det andet eksempelhus er fra projektet Komforthusene lavet efter passivhus standarden (Larsen, 2010b). Disse huse bruges som sammenligningsgrundlag.

Et overslag på omkostningerne ved forbedringerne er udarbejdet ud fra V&S prisdata (Byggecentrum, 2010). Det har ikke i alle tilfælde været muligt at finde det nøjagtigt ønskede produkt eller opgave. I situationen er der valgt produkter eller opgave der ligner, hvilket vil give øget usikkerhed på prisen. I nogle tilfælde findes produktet, men for efterisoleringen mangler den rette tykkelse og det er valgt at beskrive en ligning for produktet ud fra de angivne priser. Alle angivne priser er inkl. moms.

Konstruktionsopbygningerne det er valgt at kigge på er; ydervægge, tag/loft, terrændæk/gulve og vinduer. For hver periode er der fundet én typisk opbygning for hver af de fire konstruktioner, dog er der for ydervæggen både valgt en tung og en let konstruktion. Disse konstruktioner er fundet ud fra bilagsdelen til Håndbog for energikonsulenter 2006 (Energistyrelsen, Teknologisk Institut og Aktuel ByggeRådgivning, 2006), hvor der for hver periode for hver konstruktion findes flere typiske opbygninger. Løsninger til forbedring af konstruktionerne er fundet med inspiration fra hjemmesiden for Videnscenter for energibesparelser i bygninger (www.byggeriogenergi.dk). Der vil naturligt være flere løsninger end de udvalgte, som er valgt ud fra energiforbedring i forhold til økonomi, frem for udseende og som skal ses som en standard forbedring, der i forhold til udseende kan forbedres efter ønske f.eks. med et andet trægulv, hvilke alt efter valg vil være forbundet med en merpris.

I det følgende vil først de variationer der er ens for alle perioder blive gennemgået, herunder vedvarende energikilder og ventilation/infiltration. Dernæst bliver linjetab og vinduer beskrevet for alle perioder. Derefter vil resten af klimaskærmen blive beskrevet individuelt for de enkelte perioder, i alt 5 forskellige niveauer.

2 Orientering

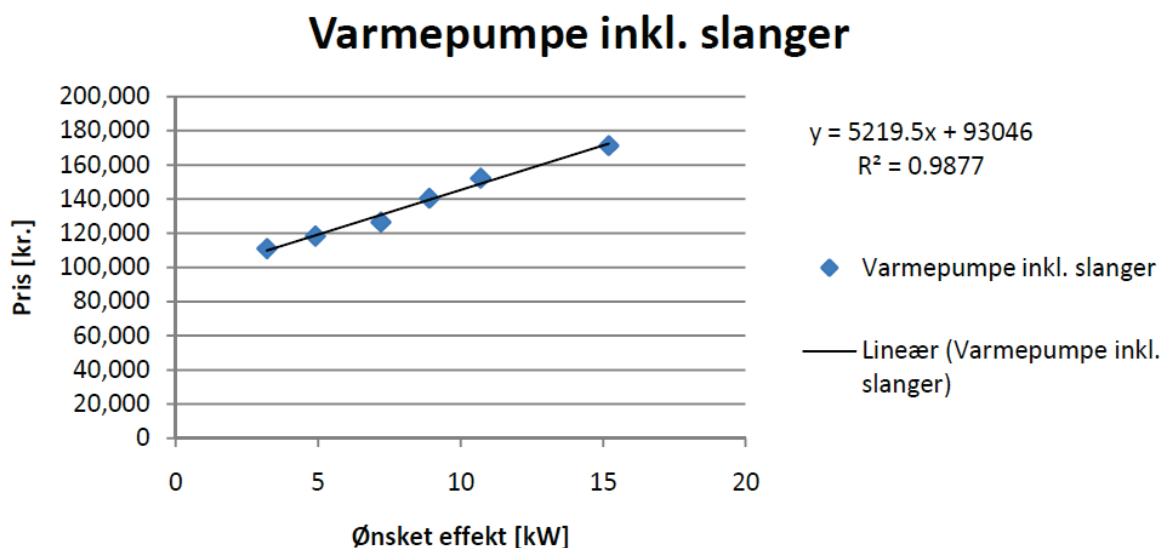
Det er valgt at benytte to orienteringer, mod syd og vest, for den tagside, hvor solenergien installeres. Med hensyn til solenergi har orientering indflydelse på ydeevnen af et anlæg og den eksterne varmelastning, altså mængden af solenergi der kommer igennem vinduerne. I parametervariationen har disse to orienteringer værdier 1 og 2, hvor 1 er syd og 2 er vest.

3 Vedvarende energikilder

3.1 Varmepumpe

Varmepumper findes med forskellig COP, til forskellig pris, samt forskellig effekt. Der vælges i dette projekt kun at arbejde med varmpumper af typen væske/vand.

Det er valgt at tage udgangspunkt i varmpumperne angivet i V&S prisdata, hvor der er angivet varmpumper af et mærke i forskellige størrelser. Der er valgt ved implementering af varmpumpe i casene, at størrelsen af varmpumpen bliver bestemt ud fra den maksimale effekt, der skal bruges ved opvarmning af boligen. Varmepumperne findes som nævnt i forskellige størrelser, men med forbehold for at der findes produkter med anderledes effekt, der kan passe mere præcist til den ønskede effekt, er priserne i V&S prisdata omsat til et udtryk for pris af varmpumpe ud fra den ønskede effekt, se Figur 1. Der fandtes ikke priser for nedgravning af slangerne i V&S prisdata, så dette er taget fra en varmpumpe producent (Dansk Varmepumpe Industri A/S, 2010). I projektet er der anvendt 2 forskellige varmpumper, en med en dårlig COP (mellem 2 og 3) og en med en god COP (mellem 3 og 4).



Figur 1: Pris for varmpumpe inkl. montage, slanger og nedgravning af slanger, som funktion af ønsket maksimaleffekt.

3.2 Solvarmeanlæg

Ved valg af solvarmeanlæg er det generelt set størrelsen der bestemmer ydeevnen, forudsat en fornuftig placering. Om der ønskes et anlæg til blot at supplere husstanden eller dække hele behovet for varmt brugsvand er op til den enkelte forbruger. Prisen på et solvarmeanlæg vil også variere med størrelsen. Forbruget af varmt brugsvand i en normal husstand er afhængig af antallet af personer, såvel som forbrugsmønstret. I dette projekt er der valgt tre forskellige mulige

solvarmeanlæg fra Velux, som er beskrevet i tabellen herunder. For at beskrive effekten fra anlæggene er det valgt at opgive, hvor mange personers normalforbrug (i projektet er der benyttet 30, 40 og 50 l/døgn pr. person) anlægget ca. kan dække ved fornuftig placering. Tabel 1 beskriver de tre valgte solvarmeanlæg i projektet.

Nr.	1	2	3
Aktiv areal [m ²]	2,2	4,4	6,6
Beholder [liter]	200	300	400
Dækning [Personer]	1-2	3-4	5-6
Energiproduktion syd [kWh]	615	1.229	1.842
Energiproduktion vest [kWh]	392	781	1.170
Nominal effekt [kW]	1,4	2,9	4,3

Pris

Anlæg [kr.]	18.150	20.120	31.150
Flexslange [kr.]	2.534	2.534	2.534
Montering [kr.]	4.573	5.387	6.201

Tabel 1: De tre solvarmeanlæg anvendt i projektet.

I det der kun findes en størrelse anlæg i V&S Prisdata, er prisen for anlægget angivet fra producenten, mens arbejds løn til montage er fundet i V&S Prisdata. Yderligere beskrivelse af de tre anlæg kan ses på (Velux, 2010).

3.3 Solcelleanlæg

Ved valg af solcelleanlæg er der mange muligheder, herunder bl.a. udseende, størrelse og effektivitet. I dette projekt er der valgt solceller hvor der ikke er lagt stor vægt på design, mens prisen har været mere væsentlig. Om der ønskes et anlæg til blot at supplere husstanden eller dække hele behovet for el er op til den enkelte forbruger. Prisen på et solcelleanlæg vil variere med størrelsen. Størrelsen på solcelleanlægget bestemmer i høj grad ydeevnen, mens lagringsmuligheder har stor betydning for udnyttelsen af energien. Forbruget af el i en husstand afhænger i høj grad af forbrugsmønstret. I dette projekt er der valgt tre forskellige mulige solcelleanlæg med solcellepaneler fra Gaia Solar, som er beskrevet i tabellen herunder. For at beskrive effekten fra anlæggene er det valgt at opgive, hvor mange kWh pr. år anlægget ca. vil producere ved gunstig opsætning. Tabel 2 viser de valgte solcelleanlæg i projektet.

Nr.	1	2	3
Aktiv areal [m ²]	16,4	29,6	44,28
Energiproduktion syd [kWh]	1.862	3.360	5.027
Energiproduktion vest [kWh]	1.446	2.610	3.905
Installeret effekt [kWp]	2,05	3,69	5,53

Pris

Materialer + montage [kr.]	70.441	118.510	166.391
Levering [kr.]	2.400	2.400	3.200

Tabel 2: De tre solcelleanlæg anvendt i projektet.

Prisen på materialer, montage og levering angivet som vejledende pris er fra producenten (Gaia Solar, 2010).

4 Ventilation/infiltration luftmængder

I dette projekt er det ønsket at finde værdier til brug ved simuleringerne af huse fra de tidligere beskrevne perioder og hvad de kan forbedres til. I flere af de nedenstående undersøgelser bliver infiltrationen bestemt ved blowerdoor tests, dette giver ikke direkte infiltrationen, men resultaterne er omregnet til infiltrationsluftskifte ud fra SBI-anvisning 213 (Aggerholm og Grau, 2008). Herunder er listet en kort beskrivelse af forskellige undersøgelser, af henholdsvis infiltrationen og ventilationen i ældre boliger, som bagefter er listet op i en tabel for bedre overblik. Alle luftskifter beskrevet er beregnet ud fra opvarmet etageareal.

4.1 Undersøgelser

Under renoveringsprojektet Energi Parcel (Larsen et al., 2010) hvor fire typiske boliger opført i 1970'erne er renoveret på forskellig vis, har man foretaget blowerdoor tests af tætheden af klimaskærmen. Ved omregning af test resultatet er infiltrationen i brugstiden mellem 0,1 og 0,5 l/s pr. m² opvarmet etageareal med et gennemsnit på 0,3 l/s pr. m² opvarmet etageareal.

I en undersøgelse foretaget af Statens Byggeforskningsinstitut SBI-rapport 213 (Bergsøe, 1991) af ventilationsforhold i boliger bygget efter 1982, har man målt luftskiftet i 20 naturligt og 36 mekanisk ventilerede enfamiliehuse ved PFT-metoden (Passiv sporgas-teknik). Resultatet var et gennemsnitligt luftskifte på henholdsvis 0,25 og 0,41 l/s pr. m² opvarmet etageareal. I rapporten er også beskrevet en svensk undersøgelse af huse bygget i perioden 1972-1982, her var resultatet henholdsvis 0,20 og 0,36 l/s pr. m² opvarmet etageareal.

SBI-rapport 236 (Bergsøe, 1994) beskriver en undersøgelse af luftskiftet målt ved PFT-metoden i 150 naturligt ventilerede enfamiliehuse bygget efter 1982. Resultater er her et gennemsnitligt luftskifte på 0,26 l/s pr. m² opvarmet etageareal.

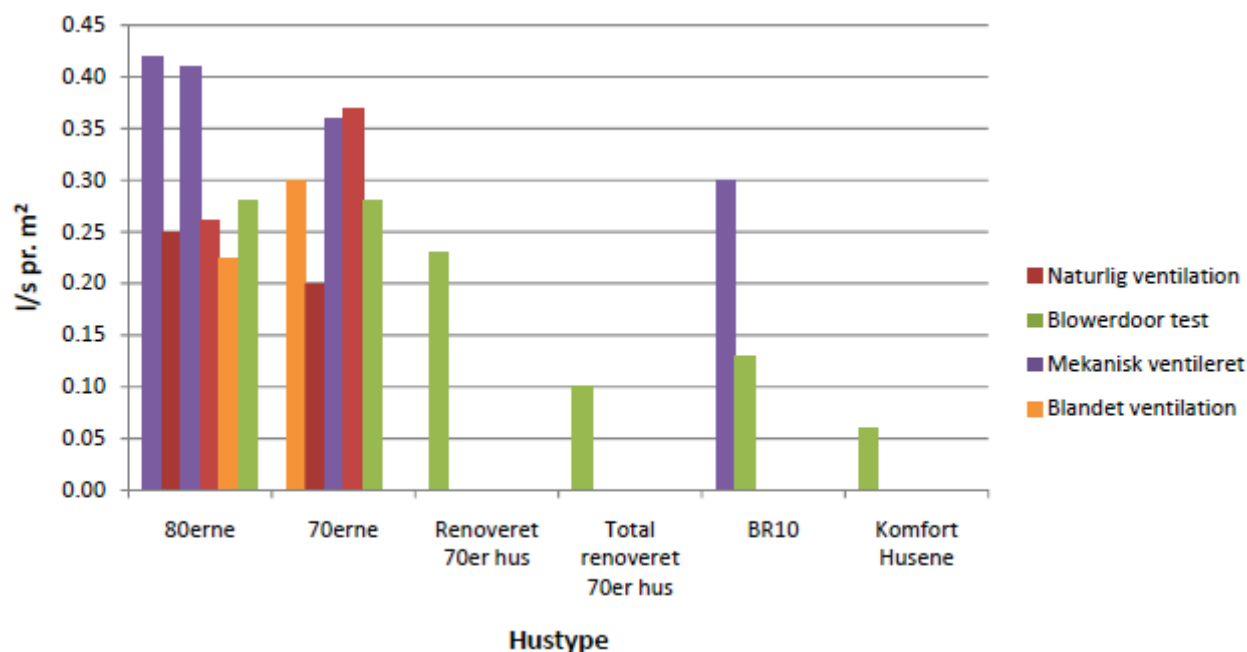
En anden undersøgelse beskrevet i SBI-rapport 226 (Olufsen og Grimmig, 1993) af lavenergihuse med mekanisk ventilation med varmegenvinding opført i perioden 1983-1987 har vist et gennemsnitlig luftskifte ved PFT-metoden på 0,42 l/s pr. m² opvarmet etageareal og infiltration målt ved blowerdoor tests på henholdsvis 0,28 l/s pr. m² opvarmet etageareal.

En måling af luftskifte og indeklima foretaget på otte boliger (Jensen et al., 2010) med PFT-metoden har vist et gennemsnitlig luftskifte på 0,4 h⁻¹ med variation mellem 0,2-0,5 l/s pr. m² opvarmet etageareal. Husene af forskellig årgang er enten nyopførte eller nyrenoverede ved bl.a. udskiftning af vinduer.

I bilagsdelen til Håndbog for Energikonsulenter (Energistyrelsen, Teknologisk Institut og Aktuel ByggeRådgivning, 2007) beskrives at luftskiftet i småhuse erfaringsmæssigt er mellem 0,3-0,5 l/s pr. m² opvarmet etageareal.

Resultatet af trykprøvning på Komfort Husene (Saint-Gobain Isover a/s, 2010) viser et spænd på infiltrationen mellem 0,05-0,07 l/s pr. m² opvarmet etageareal, og et gennemsnit på 0,06 l/s pr. m² opvarmet etageareal.

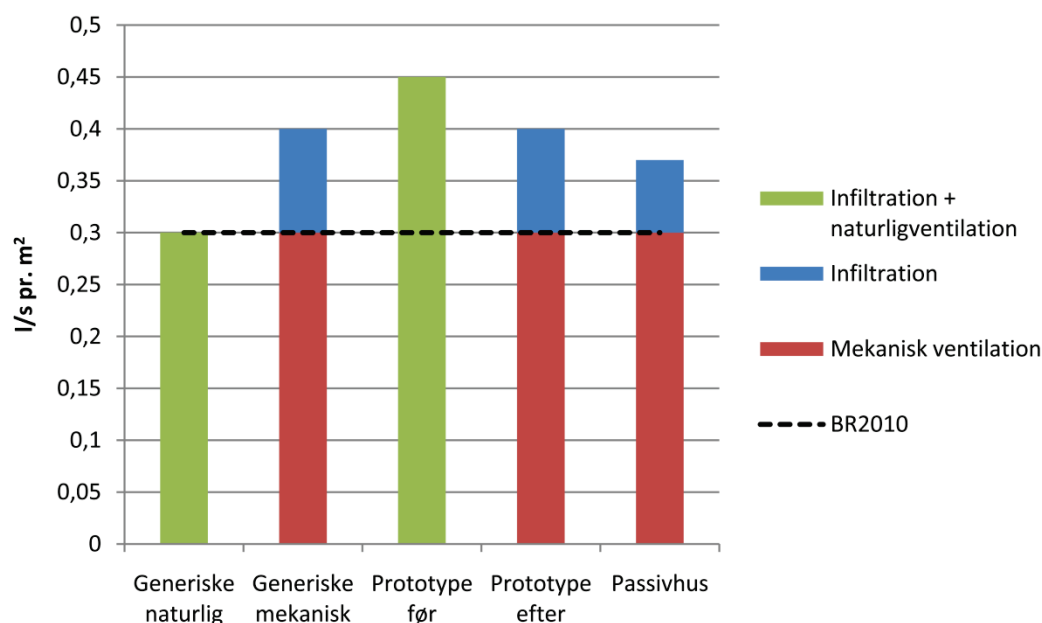
Alle disse værdier er angivet i Figur 2 herunder.



Figur 2: Luftskifte i forskellige grupper af parcelhuse ud fra den beskrevne litteratur.

Ud fra de beskrevne undersøgelser ses det at det totale luftskifte for en naturlig ventileret bolig fra 1980erne ligger omkring 0,25-0,26 l/s pr. m² opvarmet etageareal, hvilket også ligger tæt op af hvad andre erfaringer viser. Blowerdoor tests af 4 parcelhuse fra 1970erne viste et infiltrationsluftskifte på 0,28 l/s pr. m² opvarmet etageareal, som ligger tæt på hvad erfaringerne siger om det totale luftskifte, hvilket ikke hænger særligt godt sammen, da det må forventes at man også i opvarmningssæsonen en gang i mellem ventilerer med åbne vinduer, udeluftventiler eller lign. Der kan ligge nogle usikkerheder i omregningen af blowerdoor test til et infiltrationsluftskifte, samt at der ikke er testet ret mange huse.

Kravet i BR10 er at der i beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal der være en minimums lufttilførsel på 0,3 l/s pr. m² opvarmet etageareal, for at sikre luftkvaliteten. Det antages for bedre sammenlignelighed, at dette også vil være luftskiftet i alle naturligt ventilerede boliger i dette projekt. Ved installation af mekaniskventilation er lufttilførslen fra anlægget 0,3 l/s pr. m². Infiltrationen baseres på blowerdoor målinger og er i de generiske modeller sat til 0,1 l/s pr. m² (0,19 h⁻¹), for modellen af et virkeligt passivhus 0,07 l/s pr. m² (0,14 h⁻¹), og for det virkelige renoverede prototype lavenergiklasse 1 hus er den sat til henholdsvis 0,45 l/s pr. m² (0,72 h⁻¹) og 0,1 l/s pr. m² før og efter renovering. Figur 3 viser de valgte lufteskifter.



Figur 3: De anvendte lufteskifter i projektet.

Herudover er der i "Danske bygningers energi behov i 2050" (Kragh og Wittchen, 2010) beskrevet erfaringsmæssige værdier for huse i forskellige perioder. For parcelhuse gives værdierne: 1961-1978 til $0,40 \text{ h}^{-1}$ og 1979-2010 til $0,35 \text{ h}^{-1}$.

5 Mekanisk ventilation

Ved simuleringerne i BSim er det valgt at bruge to forskellige ventilationsanlæg med varmegenvinding (VG), et normalt og et godt. Værdierne for de to anlæg er valgt dels ud fra målinger af et ventilationsanlæg, samt hvad der er nødvendigt for boligventilationsanlæg efter BR10. Luftemængden anlægget skal levere er minimum $180 \text{ m}^3/\text{h}$. De to anlæg er listet op i tabellen herunder. Prisen for det normale anlæg stammer fra en licitation fra en renoveringssituation. Det andet anlæg er "opdigtet" og det er herunder forsøgt at estimere en pris på det. Begge kan ses i Tabel 3.

	Priser fra licitation af renoveringsprojekt [kr.]	Tillæg for bedre aggregat ud fra prisforskelle på Exausto anlæg [kr.]	
	<i>Normalt VG - 70 % SEL - 1000 J/m^3</i>	<i>Godt VG - 85 % SEL - 700 J/m^3</i>	
Aggregat	43.750	83.125	90 % Dyrere
Kanalsystem inkl. armaturer, spjæld og lyddæmpere	37.125	37.125	
Emhætte komplet inkl. montering	4.375	4.375	
Styring for ventilation	31.250	31.250	
Arbejds løn	9.375	9.375	
Samlet	125.875	165.250	31 % dyrere

Tabel 3: Prisoverslag over ventilationsanlæg med varmegenvinding.

Det originale anlæg (Normalt) til venstre i tabellen er et prisoverslag fra et virkeligt renoveringsprojekt. Ved anlægget til højre (Godt) er der tilføjet en merpris på 90 % til aggregatet for at få bedre varmegenvinding. De 90 % ekstra på aggregatet stammer fra prisforskellen på anlæg produceret af Exausto, se Tabel 4.

Priser fra Exausto med vandvarmeblade [kr.]		
VG - 50-70 %	VG - 80-95 %	Faktor
<i>U. styring</i>	<i>U. styring</i>	
77.500	165.000	1,89

VG - 50-70 %	VG - 80-95 %	Faktor
<i>M. styring</i>	<i>M. styring</i>	
112.500	206.250	1,83

Tabel 4: Ventilationsanlægspriser fra Exausto med vandvarmeblade.

Exausto anlæggene er betydeligt dyrere end det udliciterede anlæg som det ses. Tallene stammer fra de mindste anlæg i henholdsvis VEX100 og VEX300 serien

I V&S prisbog er der ventilationsanlæg med varmegenvinding fra Øland som koster mellem 25.000-31.250kr og altså noget lavere (størrelsen på genvindingsgraden og SEL-værdien er ikke angivet).

6 Konstruktionsvariationer

De konstruktionsvariationer som bliver beskrevet i dette afsnit er ydermure, tag/loft og gulv/terrændæk. Disse bliver præsenteret med deres udregnede u-værdier samt de u-værdier der er benyttet til simuleringer. På grund af den metode der benyttes til opbygning af konstruktioner i simuleringsprogrammet BSim, har det ikke i alle tilfælde været muligt at genere de helt samme værdier. De ligger dog meget tæt.

Konstruktionsvariationer for hver periode for de behandlede konstruktioner i dette afsnit kan ses i Tabel 5, Tabel 6, Tabel 7 og Tabel 8.

6.1.1.1 Ydermure

	Generiske huse						Prototypehuset		Komfort
Simlab nr.	1	3	2	4	5	6	2	5	6
Navn	60_tung_60	60_tung_80	70_tung_70	80_tung_80	60_tung_2010 70_tung_2010 80_tung_2010	60_tung_komf 70_tung_komf 80_tung_komf	Eksist. Ydervæg Eksist endevæg	Ny Ydervæg	Ydervæg
Sfb-nr	21.09.00	21.09.03	21.09.02	21.08.08	21.09.09 21.09.05 21.08.07	21.08.09 21.09.07 21.08.06	21.10.06 21.10.07	21.10.08	21.10.06
U-værdi	1,03	0,38	0,48	0,32	0,13	0,078	0,56/0,36	0,11	0,085
År/type	61-72	6172 hul Iso	73-78	79-98	2010	Passivhus	70er	LavE1	Komfort
61-72	x	x			x	x			
73-78			x		x	x			
79-98				x	x	x			
LavE1							x	x	
Komfort									x

Tabel 5: Konstruktionsvariation for ydermure.

6.1.1.2 Tag/loft

	Generiske huse					Prototypehuset		Komfort
Simlab nr.	1	2	3	4	5	2	4	5
Navn	60_tag_60	70_tag_70	80_tag_80	60_tag_2010 70_tag_2010 80_tag_2010	60_tag_komfort 70_tag_komfort 80_tag_komfort	Eksist. Tag	Nyt Tag	Tag/loft
Sfb-nr	27.09.00	27.08.08	27.09.02	27.09.01 27.08.07 27.09.03	27.08.09 27.08.06 27.09.04	27.10.04	27.10.06	27.10.04
U-værdi	0,49	0,4	0,18	0,1	0,075	0,35	0,095	0,076
År/type	61-72	73-78	79-98	2010	Passivhus	70er	LavE1	Komfort
61-72	x			x	x			
73-78		x		x	x			
79-98			x	x	x			
LavE1						x	x	
Komfort								x

Tabel 6: Konstruktionsvariation for loft.

6.1.1.3 Terrændæk

	Generiske huse				Prototypehuset	Komfort
Simlab nr.	1 og 2	3	4	5	2	5
Navn	terræn_60	terræn_80	terræn_2010	terræn_komfort	Eksist. Terræn	Gulv
Sfb-nr	23.09.00	23.09.02	23.09.03	23.09.04	23.10.04	23.10.06
U-værdi	0,28	0,23	0,093	0,068	0,26	0,068
År/type	6178	7998	2010	Passivhus	70er/LavE1	Komfort
61-72	x	x	x	x		
73-78	x	x	x	x		
79-98		x	x	x		
LavE1					x	
Komfort						x

Tabel 7: Konstruktionsvariation for gulv.

6.1.1.4 Vinduer

	Generiske huse				Prototypehuset		Komfort
Simlab nr.	1	2	3	5	1	4	5
Navn	61-78	79-98	V1	V2	Eksist. Vindue	Nyt Vindue Nyt Ovenlys	Vindue
Sfb-nr	31.01.07	31.01.11	31.01.01	31.01.03	31.01.11	31.01.16 31.01.17	31.01.11
U-værdi	2,6	2,2	1,15	0,84	3,1	0,9 og 1,4	0,66
År/type	61-78	79-98	2010	Passivhus	70er	LavE1	Komfort
61-72	x		x	x			
73-78	x		x	x			
79-98		x	x	x			
LavE1					x	x	
Komfort							x

Tabel 8: Konstruktionsvariation for vinduer.

I de kommende afsnit vil disse variationer blive forklaret mere i detaljer.

6.2 Generiske huse

6.2.1 U-værdier

Forbedringerne på de forskellige konstruktioner skal give en U-værdi svarende til mindste værdierne for renovering angivet i BR10 eller værdier for lavenergi byggeri vurderet ud fra erfaringerne med Komforthusene (Saint-Gobain Isover a/s, 2010). Værdierne kan ses i Tabel 9.

	Ydervæg	Tag/loft	Gulv/terrændæk	Vinduer [kWh/m ²]
U-værdier 2010 [W/m²K]	0,15	0,10	0,10	-33
U-værdier lavenergi [W/m²K]	0,085	0,075	0,07	-

Tabel 9: Mindste U-værdier fra BR10 ved renovering af klimaskærmen, samt typiske U-værdier ved lavenergibyggeri.

Forbedringerne vil ske med standard muligheder, tykkelse på isolering mm. Så U-værdierne vil ikke ligge præcist på de angivne værdier i tabellen. Med hensyn til vinduerne, så er det valgt at se på hvad der findes på markedet og hvilke muligheder det giver.

6.2.2 Vinduer

Typer af vinduer der originalt kunne være anvendt i de forskellige perioder, er fundet dels ud fra en udgivelse fra Energi-Spareudvalget (Energi-Spareudvalget), samt bilag til Håndbog for Energikonsulenter (Energistyrelsen, Teknologisk institut og Aktuel ByggeRådgivning, 2007). Vinduerne i perioderne 1961-1972 og 1973-1978 var typisk med tynd ramme og med rude af to lag glas. I perioden 1979-1998 benyttede man i højere grad tre-lags termoruder og med lidt bredere ramme.

Typiske tekniske egenskaber for vinduer fra perioderne kan ses i Tabel 10, værdierne gælder for hele vinduet inklusive ramme og karm.

	Periode			
	1961-1972	1973-1978	1979-1998	BR10
U-værdi [W/m²K]	2,6	2,6	2,2	1,4
g-værdi [-]	0,75	0,75	0,65	-
LT-værdi [-]	0,8	0,8	0,7	-

Tabel 10: Tekniske egenskaber for vinduer fra de benyttede perioder.

Størrelsen på vinduerne for alle de generiske modeller er sat til at være lige store og med samme orientering. En undersøgelse for over 17.276 huse har lagt grund for vinduesarealerne, orientering, samt antallet vinduer i de generiske modeller (Energimærkningsordningen, 2010). Størrelser på vinduerne er standardmål. Arealerne og orientering er vist i Tabel 11.

Orientering	Nord	Øst	Syd	Vest	Sum	Antal vinduer
Areal [m²]	6,7	6,7	10,5	8,5	32,4	17,8
Valgte vinduer	3 stk. 1,488 x 1,188	3 stk. 1,488 x 1,188	6 stk. 1,488 x 1,188	4 stk. 1,488 x 1,188	32,52	19
	1 stk. 1,188 x 1,188	1 stk. 1,188 x 1,188	-	1 stk. 1,188 x 1,188		

Tabel 11: Arealer og orientering på vinduer.

Ved ønske om at mindske energitabet gennem vinduerne vil man skifte vinduerne, hvorved der findes flere muligheder, både i ramme/karm materialer for udseende og rudetype for energihensyn. Der er i dette projekt valgt, at der ved renovering skiftes til topstyrede vinduer med aluminium/træ ramme, mens rudetypen varieres. I tabellen herunder er listet de forskellige muligheder med priser. Priserne på vinduerne er indhentet fra Velfac, mens prisen for montage er taget fra V&S prisdata (Byggecentrum, 2010). U-værdierne er for vinduet inklusive ramme og karm. Data ses i Tabel 12.

Vindues mulighed	Mål [mm]	U_v-værdi	g-værdi	LT-værdi	Pris pr. stk. [kr.]	Nedrivning + montage pr. stk. [kr.]	Samlet pris [kr.]
V1	1188 x 1188	1,16	0,5	0,72	3.994	1.516	113.251
	1488 x 1188	1,12	0,5	0,72	4.529		
V2	1188 x 1188	0,85	0,47	0,64	7.420	1.516	179.529
	1488 x 1188	0,83	0,47	0,64	8.029		

Tabel 12: Tekniske data for nutidsvinduer.

Her svarer V1 til standarden for Br10 og V2 til passivhus standard. Dette er de opgraderingsmuligheder der benyttes i projektet for de generiske huse. Endvidere er det valgt at variere vinduesstørrelsen. De originale størrelser benyttes og et andet scenarie tilføjes hvor vinduesarealet mod syd bliver fordoblet. Disse har indekssværdier 1 og 2, hvor 1 er originale størrelser og 2 er forøget areal, i simuleringerne.

6.2.3 Linjetab

Linjetabet omkring vinduer/dør, fundament, ydervæg og tag, kan være meget forskellig fra bygning til bygning. I ældre huse med kun ringe isolering har et højt linjetab procentvist ikke meget at sige i det endelige energiregnskab, hvor et højt linjetab har væsentligt større betydning i et velisoleret hus. Det er i dette projekt valgt i alle generiske modeller at bruge værdier for linjetab, der kan forventes i lavenergi byggeri. Værdierne angivet i erfaringerne med Komfort Husene (Saint-Gobain Isover a/s, 2010) kan ses i Tabel 13 herunder, samt værdier fra bygningsreglement 2010 punkt 7.4.2 -Enkeltforanstaltninger ved ombygning, vedligeholdelse og udskiftning.

	Komfort husene			BR10
	Min.	Maks.	Middel	Renovering
Fundament [W/mK]	-0,11	0,1	-0,01	0,12
Vinduer/døre [W/mK]	0	0,09	0,030	0,03
Ydervæg [W/mK]	-0,07	0	-0,029	-
Tag/væg [W/mK]	-0,07	0	-0,029	-

Tabel 13: Variation i linjetab fra Komfort Husene, samt maksimum linjetab ved renovering.

Som det ses er flere af linjetabene negative, hvilket betyder at de vil bidrage positivt til det samlede energiregnskab for bygningen.

Ved renovering af ydervæge er det som tidligere beskrevet antaget at der samtidig opsættes isolering uden på fundamentet, så linjetabet herved mindskes. Det vil ikke ved renovering være muligt at fjerne linjetabet ved fundamentet helt som det er tilfældet ved Komfort Husene, og det antages at kunne forbedres til 0,1 W/mK. Det antages at ydervæggen ved renovering kan forbedres, således at linjetab helt undgås, hvilket også antages at være tilfældet for samling med taget. For linjetab ved samlinger med vinduer/døre bruges middelværdien fra Komfort Husene på 0,03.

Linjetab [W/mK]	
Fundament	0,1
Vinduer/døre	0,03
Ydervæg	0,0
Tag/væg	0,0

Tabel 14: De anvendte linjetab er benyttet ved alle beregninger for de generiske modeller.

6.2.4 1961-1972

En oversigt over forbedringerne der foretaget for perioden, samt prisen for denne renovering kan ses i Tabel 15.

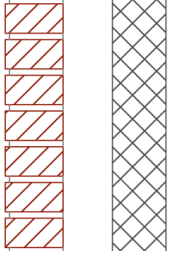
Konstruktion			Periode			Lavenergi/passivhus
			1961-1972	1979-1998*	2010	
Tung ydervæg	U-værdi	[W/m ² K]	1,0	0,38	0,13	0,08
	Pris	[kr.]	-	10.493	338.148	504.772
Let ydervæg	U-værdi	[W/m ² K]	0,42	-	0,14	0,08
	Pris	[kr.]	-	-	335.784	438.421
Tag/loft	U-værdi	[W/m ² K]	0,49	-	0,099	0,07
	Pris	[kr.]	-	-	65.472	97.152
Gulv/terrændæk	U-værdi	[W/m ² K]	0,28	0,23	0,093	0,07
	Pris	[kr.]	-	100.554	409.994	441.504

Tabel 15: Pris og U-værdier ved forbedring af parcelhus fra perioden 1961-1972, med baggrund i den originale konstruktion. *Hulmursisolering.

I det følgende kommer en mere detaljeret beskrivelse af de enkelte konstruktioner.

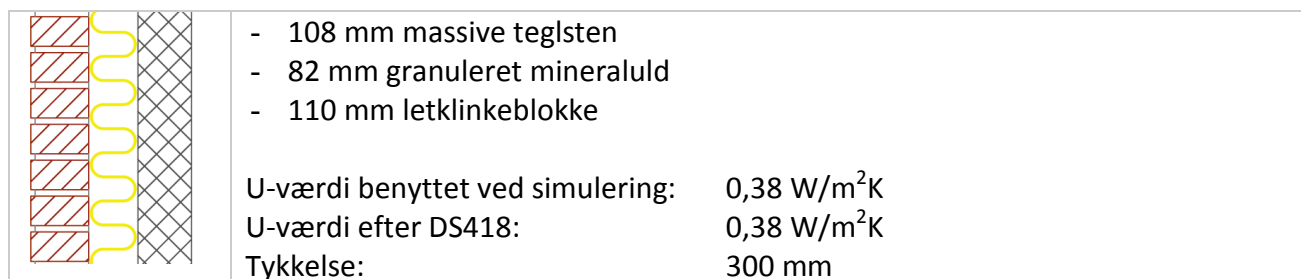
6.2.4.1 Tunge ydervægge

I perioden var der både fuldmurede mure, samt hulmure med og uden isolering. Der er her valgt en hulmur uden isolering, da men ved forbedring af denne egentligt også vil medtage forbedringsmulighederne, der findes ved en hulmur med isolering. Den originale konstruktionsopbygning er beskrevet herunder.

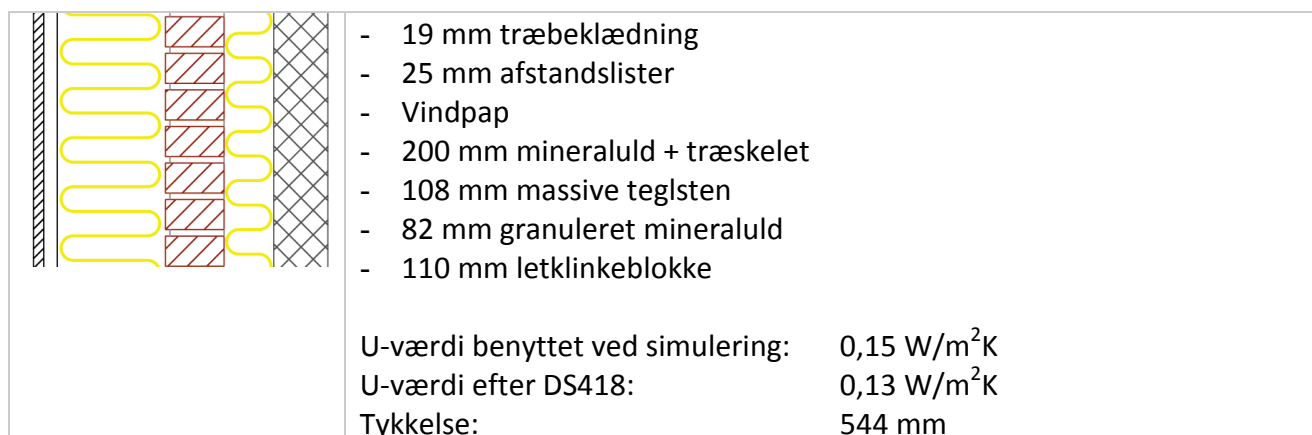
	- 108 mm massive teglsten
	- 82 mm luft
	- 110 mm letklinkeblokke
	U-værdi benyttet ved simulering: 1,03 W/m ² K
	U-værdi efter DS418: 1,03 W/m ² K
	Tykkelse: 300 mm

Figur 4: Original opbygning 1961-1972, 300 mm hulmur med ståltrådsbindere.

En oplagt forbedring vil være at hulumurs isolere, forbedringen vil give en U-værdi ringere end for Bygningsreglement 2010, men medtages alligevel som forbedrings mulighed. For de øvrige forbedringer er det valgt, at de skal ske uden på muren med et let træskelet og mineraluld (eksempelvis Isover Plus System). Herudover skal der laves et let fundament uden på det gamle, hvor fundamentet i den forbindelse også bliver efterisoleret. Som beskrevet i afsnittet omkring tag/loft er der normalt stort udhæng på boliger fra denne periode, som derfor vil kunne dække over den ekstra facadetykkelse. Forbedringerne på ydervæggen kan ses herunder.

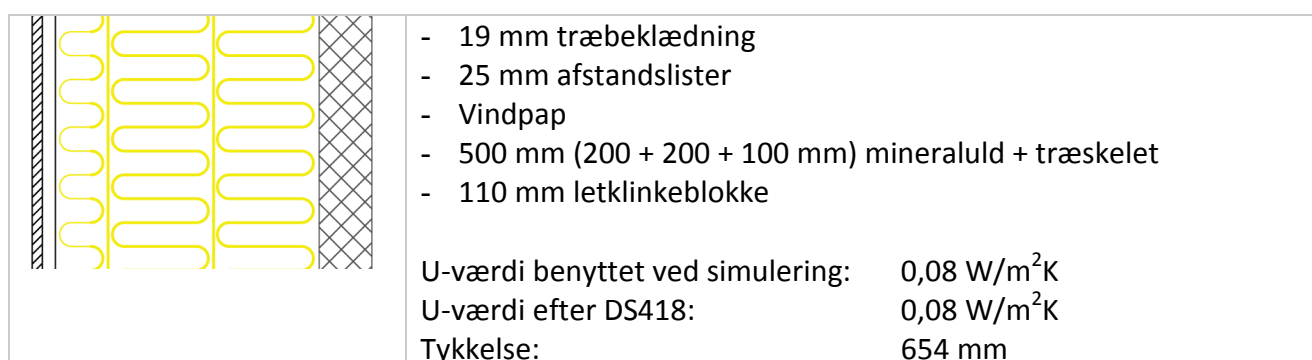


Figur 5: 1961-1972 opbygning forbedret med hulmurs isolering.



Figur 6: Forbedret til BR10 opbygning.

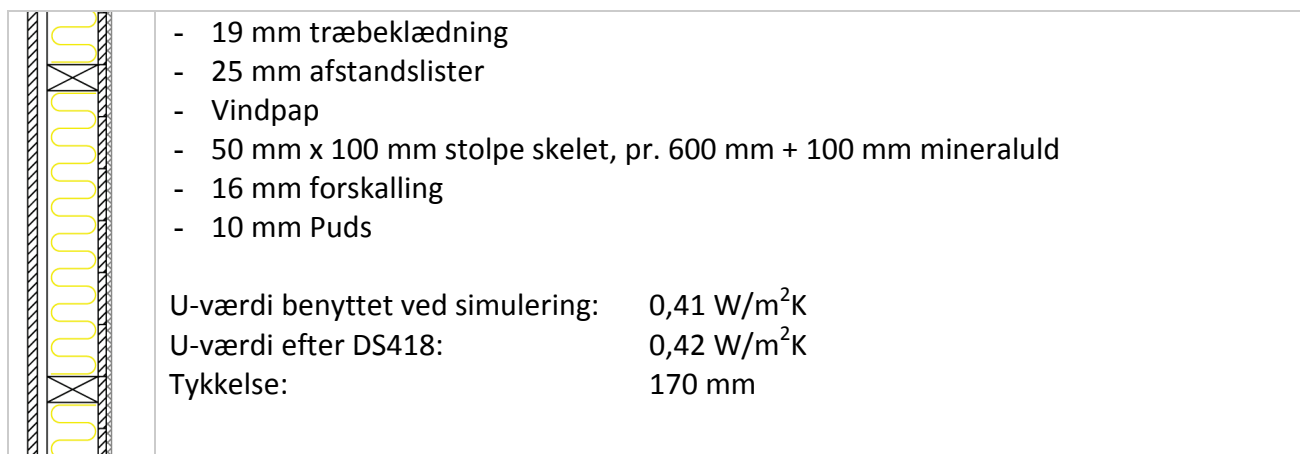
Ved forbedring til en lavenergi konstruktion er det valgt, at fjerne formuren med isolering, for at få en acceptabel tykkelse på muren, som det ses på den følgende figur.



Figur 7: Forbedret til lavenergi.

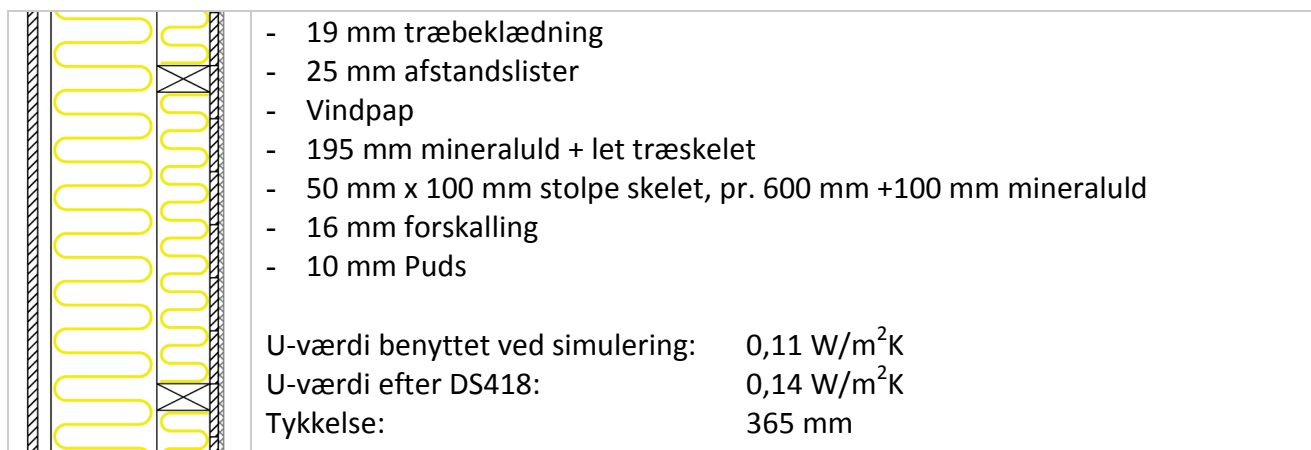
6.2.4.2 Lette ydervægge

Opbygning af en let ydervæg i perioden kunne være udelukkende af træ med et stolpe skelet eller med en hård bagmur af eksempelvis beton. Der er i dette projekt valgt en let ydervæg udelukkende af træ og isolering, i det forbedringer ellers ville ligge meget tæt op af forbedringerne til en tung ydervæg.

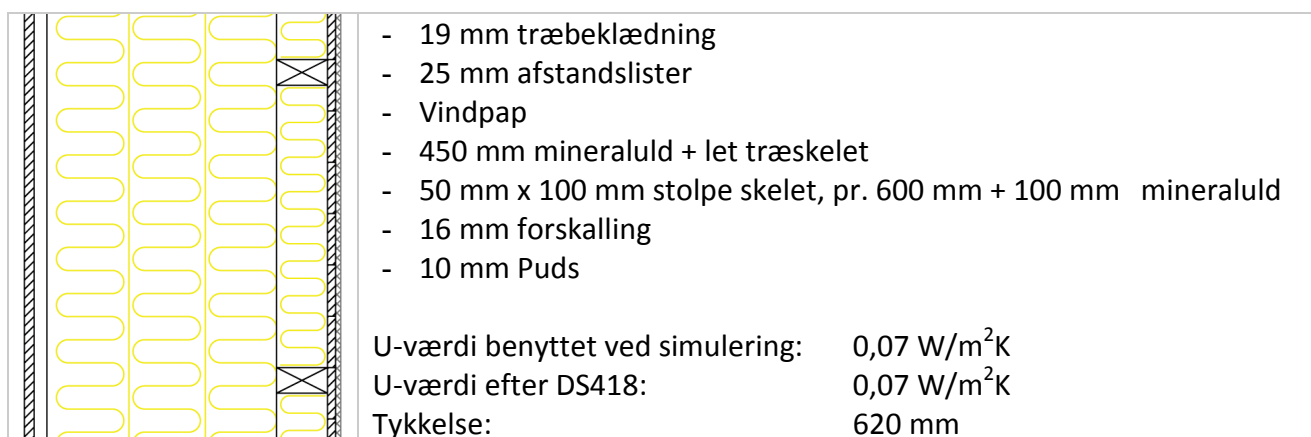


Figur 8: Original opbygning 1961-1972.

Ved forbedring af den lette ydervæg er det valgt at efterisolere på ydersiden af muren. Til at holde isoleringen på plads er der flere muligheder, i dette tilfælde er det valgt at der laves et let træskelet (eksempelvis Isover Plus System). Herudover skal der laves et let fundament uden på det gamle, hvor fundamentet i den forbindelse også bliver efterisoleret. De forbedrede konstruktioner kan ses herunder.



Figur 9: Forbedret til BR10.



Figur 10: Forbedret til lavenergi.

6.2.4.3 Tag/loft

I perioden 1961-1972 fandtes både fladt tag eller tag med hældning. Det er i dette projekt valgt kun at udarbejde forbedringer for tag med hældning. Selve lofts opbygningen kan ses herunder.

	<ul style="list-style-type: none">- 100 mm spær + 75 mm mineraluld- 19 mm forskalling- 16 mm loftsbrædder	
	U-værdi benyttet ved simulering:	0,46 W/m ² K
	U-værdi efter DS418:	0,49 W/m ² K
	Tykkelse:	135 mm

Figur 11: Original opbygning 1961-1972.

Forbedring af loftskonstruktionen består i at lægge ekstra isolering direkte ovenpå det eksisterende. De forbedrede konstruktioner kan ses herunder.

	<ul style="list-style-type: none">- 2x150 mm mineraluld- 100 mm spær + 75 mm mineraluld- 19 mm forskalling- 16 mm loftsbrædder	
	U-værdi benyttet ved simulering:	0,10 W/m ² K
	U-værdi efter DS418:	0,10 W/m ² K
	Tykkelse:	410 mm

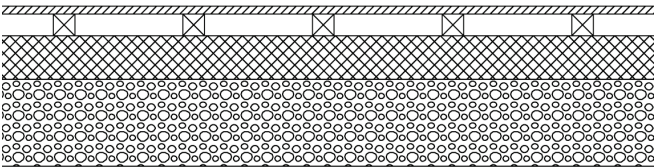
Figur 12: Forbedret til BR10.

	<ul style="list-style-type: none">- 2x150 mm mineraluld- 150 mm mineraluld- 100 mm spær + 75 mm mineraluld- 19 mm forskalling- 16 mm loftsbrædder	
	U-værdi benyttet ved simulering:	0,07 W/m ² K
	U-værdi efter DS418:	0,07 W/m ² K
	Tykkelse:	560 mm

Figur 13: Forbedret til lavenergi.

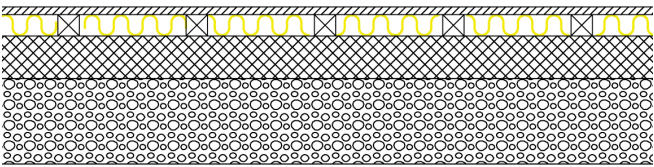
6.2.4.4 Terrændæk

For terrændækket er den typiske konstruktionsopbygning for perioderne 1961-1972 og 1973-1978 ens og meget er ikke ændret for perioden 1979-1998. Opbygningerne er beskrevet herunder.

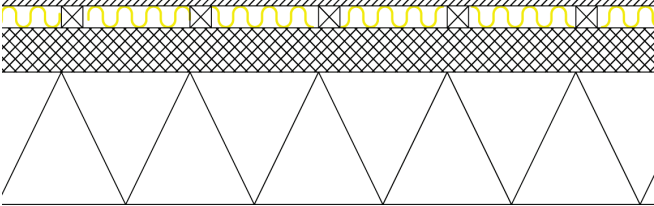
	<ul style="list-style-type: none"> - 18 mm trægulv - 50 mm strør - 100 mm beton - 200 mm løse letklinker
<p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,28 W/m²K U-værdi efter DS418: 0,28 W/m²K Tykkelse: 368 mm</p>	

Figur 14: Original opbygning 1961-1972.

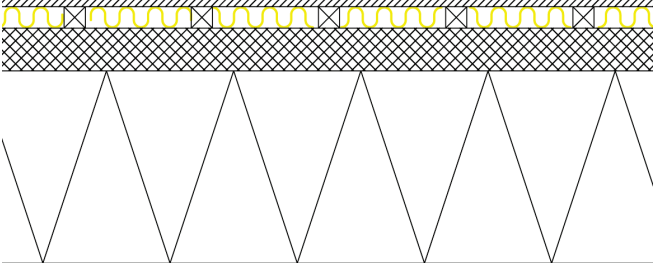
Forbedringen af konstruktionen består i at opbryde trægulv og terrændæk, samt udgrave de løse letklinker og jord til indstøbning af trykfast isolering. Det er valgt også at nedbryde indervægge for at sikre en lettere arbejdsgang, hvilket inklusive opsætning af nye, derfor medregnes i prisen. Der er ikke prismæssigt taget hensyn til evt. nyopførsel af køkken og lign. Det nye terrændæk vil udelukkende bestå af nye materialer. De forbedrede konstruktioner er beskrevet herunder.

	<ul style="list-style-type: none"> - 18 mm trægulv - 50 mm strør + mineraluld - 100 mm beton - 200 mm løse letklinker
<p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,23 W/m²K U-værdi efter DS418: 0,23 W/m²K Tykkelse: 368 mm</p>	

Figur 15: Forbedret til 1979-1998 opbygning.

	<ul style="list-style-type: none"> - 18 mm trægulv - 50 mm strør + mineraluld - 100 mm beton - 300 mm EPS
<p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,09 W/m²K U-værdi efter DS418: 0,09 W/m²K Tykkelse: 468 mm</p>	

Figur 16: Forbedret til BR10 opbygning.

	<ul style="list-style-type: none"> - 18 mm trægulv - 50 mm strør + mineraluld - 100 mm beton - 450 mm EPS
<p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,07 W/m²K U-værdi efter DS 418: 0,07 W/m²K Tykkelse: 618 mm</p>	

Figur 17: Forbedret til lavenergi.

6.2.5 1973-1978

En oversigt over forbedringerne der foretaget for perioden, samt prisen for denne renovering kan ses i Tabel 16.

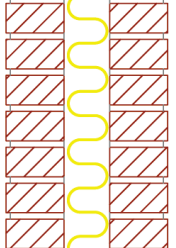
Konstruktion			<u>Periode</u>		
			1973-1978	1979-1998	2010 Lavenergi/passivhus
Tung ydervæg	U-værdi	[W/m ² K]	0,48	-	0,14
	Pris	[kr.]	-	-	327.655
Let ydervæg	U-værdi	[W/m ² K]	0,42	-	0,14
	Pris	[kr.]	-	-	335.784
Tag/loft	U-værdi	[W/m ² K]	0,40	-	0,10
	Pris	[kr.]	-	-	59.136
Gulv/terrændæk	U-værdi	[W/m ² K]	0,28	0,23	0,093
	Pris	[kr.]	-	100.554	409.994

Tabel 16: Pris og U-værdier for forbedring af klimaskærmen for parcelhus fra perioden 1972-1978. Prisen er med udgangspunkt i den originale konstruktion.

I det følgende kommer en mere detaljeret beskrivelse af de enkelte konstruktioner.

6.2.5.1 Tunge ydervægge

Omkring ydervægge var den mest anvendte opbygning i perioden, for - og bagmur af teglsten med 75-125 mm isolering imellem. I dette projekt er valgt 75 mm mineraluld, hvilket kan ses på konstruktionsopbygningen herunder.

	- 108 mm massive teglsten
	- 10 mm luft
	- 75 mm mineraluld
	- 108 mm massive teglsten
	U-værdi benyttet ved simulering: 0,48 W/m ² K
	U-værdi efter DS418: 0,48 W/m ² K
	Tykkelse: 301 mm

Figur 18: Original 1973-1978 opbygning, 300 mm hulmur med ståltrådsbindere.

Det er valgt at efterisolering skal ske uden på muren med et let træskelet og mineraluld (eksempelvis Isover Plus System). Som beskrevet i afsnittet omkring tag/loft er der normalt stort udhæng på boliger fra denne periode, som derfor vil kunne dække over den ekstra facadetykkelse. Herudover skal der laves et let fundament uden på det gamle, hvor fundamentet i den forbindelse også bliver efterisoleret. Forbedringerne på ydervæggen kan ses herunder.

	<ul style="list-style-type: none"> - 19 mm træbeklædning - 25 mm afstandslister - Vindpap - 200 mm mineraluld + træskelet - 108 mm massive teglsten - 10 mm luft - 75 mm mineraluld - 108 mm massive teglsten
<p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,14 W/m²K U-værdi efter DS418: 0,14 W/m²K Tykkelse: 545 mm</p>	

Figur 19: Forbedret til BR10.

Ved forbedring til en lavenergi konstruktion er det valgt, at fjerne formuren med isolering, for at få en acceptabel tykkelse på muren.

	<ul style="list-style-type: none"> - 19 mm træbeklædning - 25 mm afstandslister - Vindpap - 500 mm mineraluld + træskelet - 108 mm massive teglsten
<p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,08 W/m²K U-værdi efter DS418: 0,08 W/m²K Tykkelse: 652 mm</p>	

Figur 20: Forbedret til lavenergi.

6.2.5.2 Let ydervæg

Typisk opbygning af en let ydervæg i perioden er magen til perioden 1961-1972.

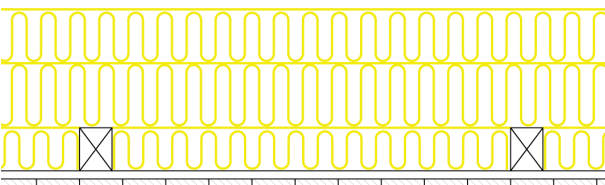
6.2.5.3 Tag/loft

Tag var i perioden 1973-1978 typisk med hældning. Selve lofts opbygningen kan ses herunder.

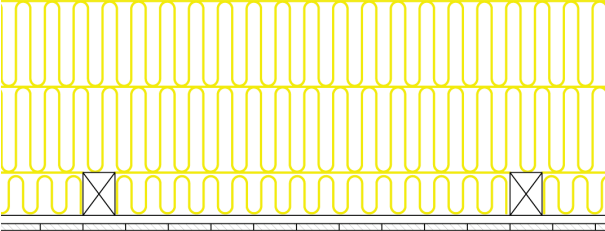
	<ul style="list-style-type: none"> - 100 mm spær + 100 mm mineraluld - 19 mm forskalling - 16 mm loftsbrædder
<p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,38 W/m²K U-værdi efter DS418: 0,40 W/m²K Tykkelse: 135 mm</p>	

Figur 21: Original 1973-1978 opbygning.

Forbedring af loftskonstruktionen består i at lægge ekstra isolering direkte ovenpå det eksisterende. De forbedrede konstruktioner kan ses herunder.

	<ul style="list-style-type: none"> - 125 mm mineraluld - 150 mm mineraluld - 100 mm spær + 100 mm mineraluld - 19 mm forskalling - 16 mm loftsbrædder <p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,10 W/m²K U-værdi efter DS418: 0,10 W/m²K Tykkelse: 410 mm</p>
---	--

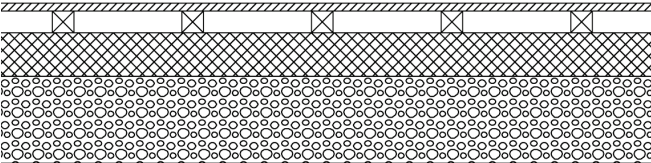
Figur 22: Forbedret til BR10.

	<ul style="list-style-type: none"> - 2x200 mm mineraluld - 100 mm spær + 100 mm mineraluld - 19 mm forskalling - 16 mm loftsbrædder <p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,07 W/m²K U-værdi efter DS418: 0,08 W/m²K Tykkelse: 535 mm</p>
---	---

Figur 23: Forbedret til lavenergi.

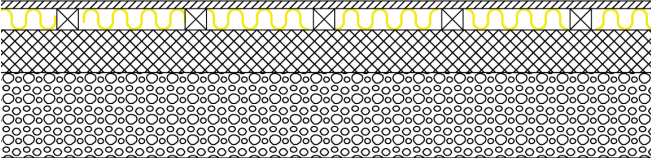
6.2.5.4 Terrændæk

For terrændækket er den typiske konstruktionsopbygning for perioden 1973-1978 som beskrevet herunder.

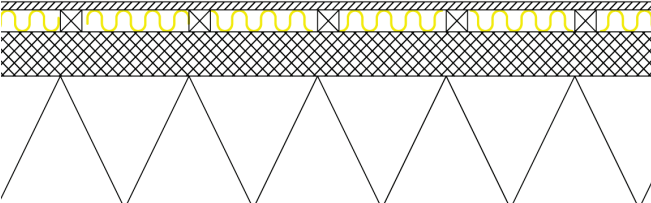
	<ul style="list-style-type: none"> - 18 mm trægulv - 50 mm strør - 100 mm beton - 200 mm løse letklinker <p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,28 W/m²K U-værdi efter DS418: 0,28 W/m²K Tykkelse: 368 mm</p>
---	--

Figur 24: Original 1973-1978 opbygning.

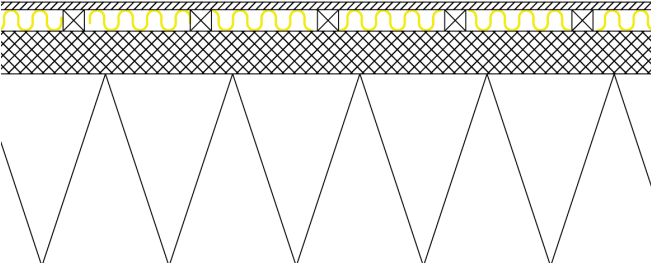
Forbedringen af konstruktionen består i at opbryde trægulv og terrændæk, samt udgrave de løse letklinker og jord til indstøbning af trykfast isolering. Det er valgt også at nedbryde indervægge for at sikre en lettere arbejdsgang, hvilket inklusive opsætning af nye, derfor medregnet i prisen. Det er ikke prismæssigt taget hensyn til evt. nyopførsel af køkken og lign. Det nye terrændæk vil udelukkende bestå af nye materialer. De forbedrede konstruktioner er beskrevet herunder.

	<ul style="list-style-type: none"> - 18 mm trægulv - 50 mm strør + mineraluld - 100 mm beton - 200 mm løse letklinker <p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,23 W/m²K U-værdi efter DS418: 0,24 W/m²K Tykkelse: 368 mm</p>
---	---

Figur 25: Forbedret til 1979-1998 opbygning.

	<ul style="list-style-type: none"> - 18 mm trægulv - 50 mm strør + mineraluld - 100 mm beton - 300 mm EPS <p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,09 W/m²K U-værdi efter DS418: 0,09 W/m²K Tykkelse: 468 mm</p>
---	---

Figur 26: Forbedret til BR10.

	<ul style="list-style-type: none"> - 18 mm trægulv - 50 mm strør + mineraluld - 100 mm beton - 450 mm EPS <p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,07 W/m²K U-værdi efter DS418: 0,07 W/m²K Tykkelse: 618 mm</p>
--	---

Figur 27: Forbedret til lavenergi.

6.2.6 1979-1998

En oversigt over forbedringerne der foretaget for perioden, samt prisen for denne renovering kan ses i Tabel 17.

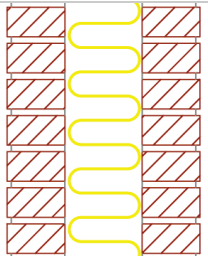
Konstruktion			1979-1998	<u>Periode</u>	
				2010	Lavenergi/passivhus
Tung ydervæg	U-værdi	[W/m ² K]	0,32	0,12	0,078
	Pris	[kr.]	-	327.655	500.057
Let ydervæg	U-værdi	[W/m ² K]	0,21	0,14	0,08
	Pris	[kr.]	-	297.546	378.046
Tag/loft	U-værdi	[W/m ² K]	0,182	0,10	0,075
	Pris	[kr.]	-	27.456	53.856
Gulv/terrændæk	U-værdi	[W/m ² K]	0,237	0,095	0,068
	Pris	[kr.]	-	409.994	441.504

Tabel 17: Pris og U-værdier for renovering af klimaskærmen af parcelhus fra perioden 1979-1998. Prisen er med udgangspunkt i den originale konstruktion.

I det følgende kommer en mere detaljeret beskrivelse af de enkelte konstruktioner.

6.2.6.1 Tunge ydervægge

Omkring ydervægge var den mest anvendte opbygning i perioden, for - og bagmur af teglsten med 125 mm isolering imellem. Konstruktionsopbygningen kan ses herunder.

	-	108 mm massive teglsten
	-	9 mm luft
	-	125 mm mineraluld
	-	108 mm massive teglsten
	U-værdi benyttet ved simulering:	0,32 W/m ² K
	U-værdi efter DS418:	0,32 W/m ² K
	Tykkelse:	350 mm

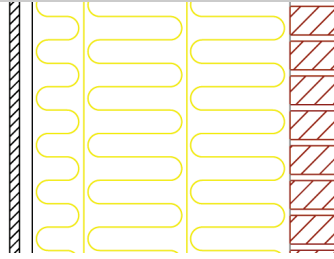
Figur 28: Original 1979-1998 opbygning, 360 mm hulmur med ståltrådsbindere.

Det er valgt at efterisolering skal ske uden på muren med et let træskelet og mineraluld (eksempelvis Isover Plus System). Som beskrevet i afsnittet omkring tag/loft er der normalt stort udhæng på boliger fra denne periode, som derfor vil kunne dække over den ekstra facadetykkelse. Herudover skal der laves et let fundament uden på det gamle, hvor fundamentet i den forbindelse også bliver efterisoleret. Forbedringerne på ydervæggen kan ses herunder.

	<ul style="list-style-type: none"> - 19 mm træbeklædning - 25 mm afstandslister - Vindpap - 200 mm mineraluld + træskelet - 108 mm massive teglsten - 10 mm luft - 125 mm mineraluld - 108 mm massive teglsten <p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,12 W/m²K U-værdi efter DS418: 0,12 W/m²K Tykkelsen: 595 mm</p>
---	---

Figur 29: 2010 opbygning.

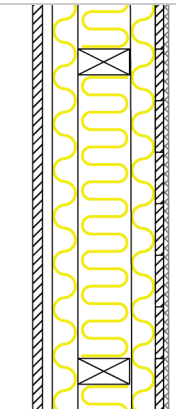
Ved forbedring til en lavenergi konstruktion er det valgt, at fjerne formuren med isolering, for at få en acceptabel tykkelse på muren.

	<ul style="list-style-type: none"> - 19 mm træbeklædning - 25 mm afstandslister - Vindpap - 500 mm mineraluld + træskelet - 108 mm massive teglsten <p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,07 W/m²K U-værdi efter DS418: 0,08 W/m²K Tykkelse: 652 mm</p>
--	--

Figur 30: Lavenergi opbygning.

6.2.6.2 Let ydervæg

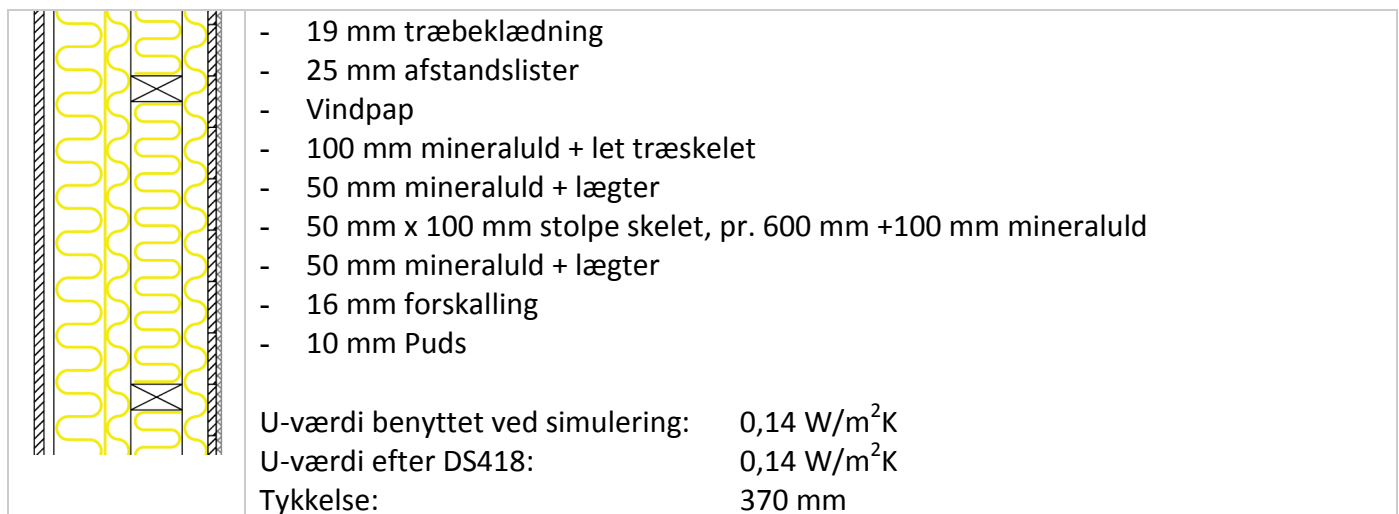
Opbygning af en let ydervæg i perioden kunne være udelukkende af træ med et stolpe skelet eller med en hård bagvæg af eksempelvis letklinkeblokke. Der er i dette projekt valgt en let ydervæg udelukkende af træ og isolering.

	<ul style="list-style-type: none"> - 19 mm træbeklædning - 25 mm afstandslister - Vindpap - 50 mm mineraluld + lægter - 50 mm x 100 mm stolpe skelet, pr. 600 mm + 100 mm mineraluld - 50 mm mineraluld + lægter - 16 mm forskalling - 10 mm Puds <p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,21 W/m²K U-værdi efter DS418: 0,21 W/m²K Tykkelse: 270 mm</p>
---	---

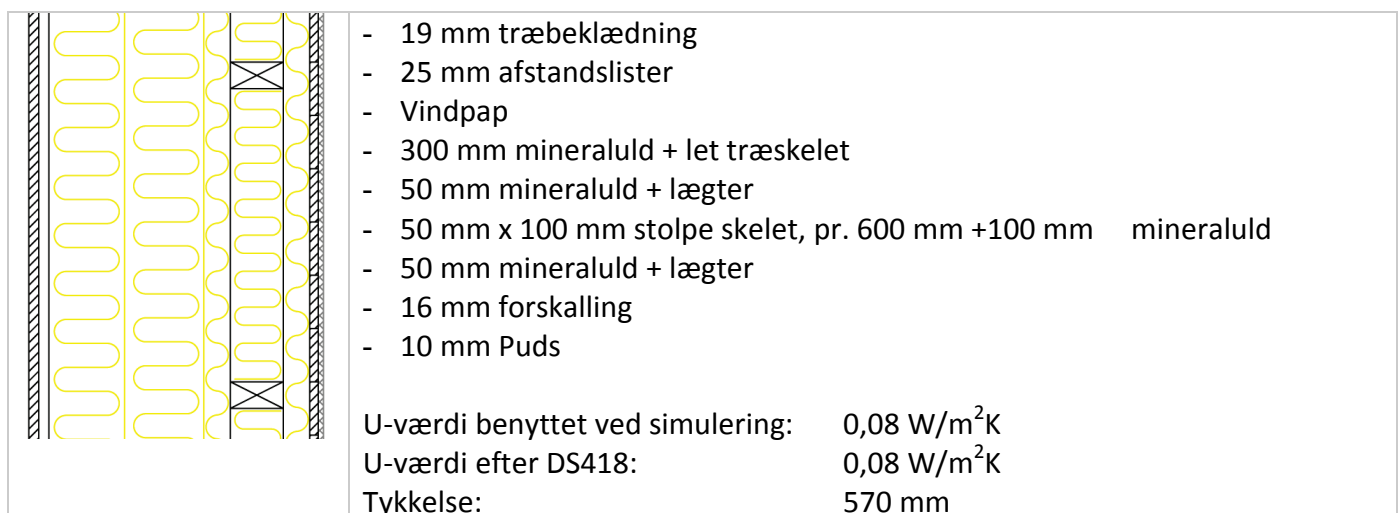
Figur 31: Original 1979-1998 opbygning.

Ved forbedring af den lette ydervæg er det valgt at efterisolere på ydersiden af muren. Til at holde isoleringen på plads er der flere muligheder, i dette tilfælde er det valgt at der laves et let træskelet (eksempelvis Isover Plus System). Herudover skal der laves et let fundament uden på det

gamle, hvor fundamentet i den forbindelse også bliver efterisoleret. De forbedrede konstruktioner kan ses herunder.



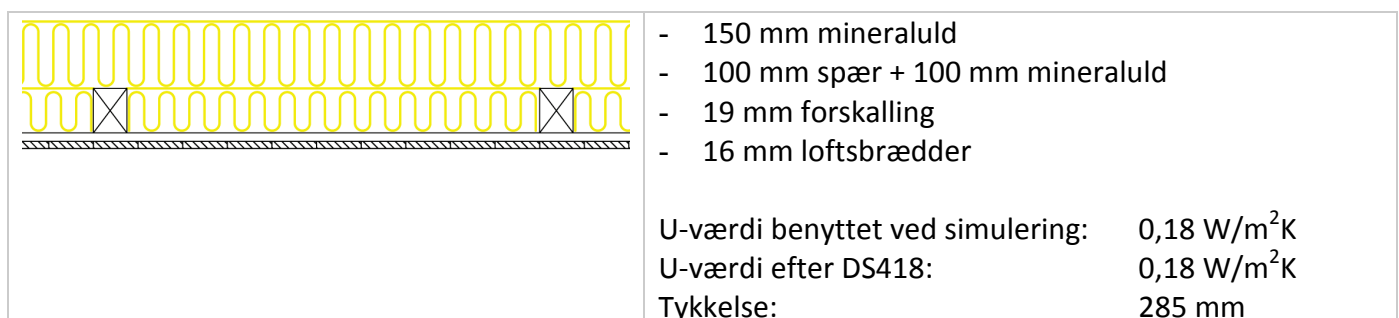
Figur 32: 2010 opbygning.



Figur 33: Lavenergi opbygning.

6.2.6.3 Tag/loft

Et tag var i perioden 1979-1998 var typisk med hældning. Selve lofts opbygningen kan ses herunder.



Figur 34: Original 1979-1998 opbygning.

Forbedring af loftskonstruktionen består i at lægge ekstra isolering direkte ovenpå det eksisterende. De forbedrede konstruktioner kan ses herunder.

	<ul style="list-style-type: none"> - 125 mm mineraluld - 150 mm mineraluld - 100 mm spær + 100 mm mineraluld - 19 mm forskalling - 16 mm loftsbrædder
	<p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,11 W/m²K</p> <p>U-værdi efter DS418: 0,10 W/m²K</p> <p>Tykkelse: 410 mm</p>

Figur 35: 2010 opbygning.

	<ul style="list-style-type: none"> - 2x125 mm mineraluld - 150 mm mineraluld - 100 mm spær + 100 mm mineraluld - 19 mm forskalling - 16 mm loftsbrædder
	<p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,08 W/m²K</p> <p>U-værdi efter DS418: 0,08 W/m²K</p> <p>Tykkelse: 535 mm</p>

Figur 36: Lavenergi opbygning.

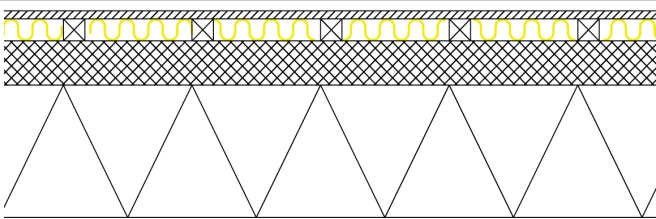
6.2.6.4 Terrændæk

For terrændækket er den typiske konstruktionsopbygning for perioden 1979-1998 som beskrevet herunder.

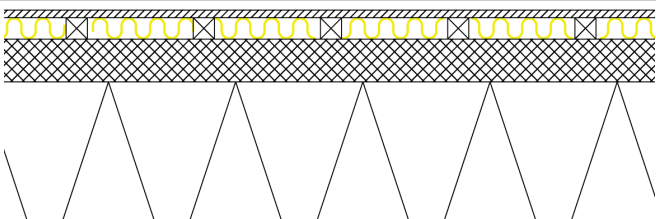
	<ul style="list-style-type: none"> - 18 mm trægulv - 50 mm strør + mineraluld - 100 mm beton - 200 mm løse letklinker
	<p>U-værdi benyttet ved simulering: 0,23 W/m²K</p> <p>U-værdi efter DS418: 0,23 W/m²K</p> <p>Tykkelse: 368 mm</p>

Figur 37: Forbedret til 1979-1998 opbygning.

Forbedringen af konstruktionen består i at opbryde trægulv og terrændæk, samt udgrave de løse letklinker og jord til indstøbning af trykfast isolering. Det er valgt også at nedbryde indervægge for at sikre en lettere arbejdsgang, hvilket inklusive opsætning af nye, derfor medregnet i prisen. Det er ikke prismæssigt taget hensyn til evt. nyopførsel af køkken og lign. Det nye terrændæk vil udelukkende bestå af nye materialer. De forbedrede konstruktioner er beskrevet herunder.

	- 18 mm trægulv
	- 50 mm strør + mineraluld
	- 100 mm beton
	- 300 mm EPS
U-værdi benyttet ved simulering: 0,09 W/m ² K	
U-værdi efter DS418: 0,09 W/m ² K	
Tykkelse: 468 mm	

Figur 38: Forbedret til BR10.

	- 18 mm trægulv
	- 50 mm strør + mineraluld
	- 100 mm beton
	- 450 mm EPS
U-værdi benyttet ved simulering: 0,07 W/m ² K	
U-værdi efter DS418: 0,07 W/m ² K	
Tykkelse: 618 mm	

Figur 39: Forbedret til lavenergi.

6.3 Prototypehuset

En oversigt over forbedringerne der er foretaget ved renoveringen kan ses i Tabel 18. Renoveringen for dette hus er udført i projektet Energiparcel – 4 eksempler på energirenovering af danskernes ynglingsbolig (Realea A/S, 2010).

Konstruktion			<i>Periode</i>	
			Før renovering	Lavenergi
Ydervæg	U-værdi	[W/m ² K]	0,42	0,11
Tag/loft	U-værdi	[W/m ² K]	0,31	0,09
Gulv/terrændæk	U-værdi	[W/m ² K]	0,23	0,23

Tabel 18: U-værdier ved forbedring af prototypehuset.

Dette hus medtages i simuleringerne før renovering og efter totalrenovering. Der køres ikke yderligere konstruktionsvariation. Huset blev renoveret for 2.000.000 kr., så det er den samlede pris for forbedring af klimaskærm. Dertil kommer tilføjelse af vedvarende energi. I det følgende kommer en mere detaljeret beskrivelse af de tre konstruktionsdele, hvor deres opbygning i BSim er præsenteret.

6.3.1.1 Ydervægge

De benyttede ydervægge er vist i figurerne herunder.

- 150 mm lecasten
- 20 mm mineraluld
- 100 mm massive teglsten

U-værdi benyttet ved simulering: 0,42 W/m²K
 U-værdi efter DS418: 0,42 W/m²K
 Tykkelse: 270 mm

Figur 40: Ydervæg før renovering.

- 150 mm beton
- 70 mm mineraluld
- 15 mm træ
- 240 mm mineraluld
- 12 mm fibercementplader
- 30 mm fibercementplader

U-værdi benyttet ved simulering: 0,11 W/m²K
 U-værdi efter DS418: 0,11 W/m²K
 Tykkelse: 517 mm

Figur 41: Ydervæg efter renovering.

Ved renovering er der tilføjet mere isolering så u-værdien ender på 0,11 W/m²K. Den tunge yderste del af muren er fjernet og indermuren er i projektet erstattet med beton. I renoveringsprojektet Energiparcel er den oprindelige indermur benyttet videre i den "nye" bygning.

6.3.1.2 Tag/loft

Herunder kan de benyttede tagkonstruktioner ses.

- 120 mm mineraluld

U-værdi benyttet ved simulering: 0,31 W/m²K
 U-værdi efter DS418: 0,31 W/m²K
 Tykkelse: 120 mm

Figur 42: Tag før renovering.

- 20 mm træ
- 75 mm mineraluld
- 20 mm træ
- 320 mm mineraluld

U-værdi benyttet ved simulering: 0,09 W/m²K
 U-værdi efter DS418: 0,09 W/m²K
 Tykkelse: 435 mm

Figur 43: Tag efter renovering.

6.3.1.3 Terrændæk

Terrændækket er ikke energimæssig renoveret og derfor har det samme opbygning både før og efter renoveringen. Opbygningen kan ses herunder.

- 12 mm træ
- 50 mm mineraluld
- 100 mm beton
- 200 mm leca fill

U-værdi benyttet ved simulering: 0,23 W/m²K
 U-værdi efter DS418: 0,23 W/m²K
 Tykkelse: 362 mm

Figur 44: Terrændæk både før og efter renovering.

6.3.1.4 Vinduer

I Tabel 19 kan de tekniske data for vinduerne findes.

	<u>Periode</u>	
	Før renovering	Efter renovering
U-værdi [W/m²K]	2,8	0,82
g-værdi [-]	0,76	0,49
LT-værdi [-]	0,82	0,71

Tabel 19: Tekniske egenskaber for vinduer før og efter renovering i prototypehuset.

Som det kan ses er u-værdien forbedret markant og g- og LT-værdi er sinket. Med hensyn til størrelser af vinduer henvises på Realea A/S (2010).

6.3.1.5 Linjetab

Der er ikke taget hensyn til linjetab for denne bygning i projektet.

6.4 Komforthus

U-værdierne for konstruktionerne kan ses i Tabel 20. Detaljer omkring dette komforthus fra Skibet i Vejle kan findes i Komfort husene – Erfaringer, viden og inspiration (Isover, 2010) og (Larsen, 2010b).

			<u>Periode</u>
Konstruktion			passivhus
Tung ydervæg	U-værdi	[W/m ² K]	0,08
Tag/loft	U-værdi	[W/m ² K]	0,08
Gulv/terrændæk	U-værdi	[W/m ² K]	0,07

Tabel 20: U-værdier for Stenagervænget 37.

I det følgende kommer en mere detaljeret beskrivelse af konstruktionsdelene. Beskrivelserne indeholder information om de konstruktioner der er benyttet i simuleringerne. Derfor kan konstruktionerne afvige fra de originale, men u-værdier er tilpasset.

6.4.1.1 Ydervæg

Herunder ses opbygningen af den benyttede ydervæg.

- 16 mm træbeklædning
- 468 mm mineraluld
- 16 mm træbeklædning

U-værdi benyttet ved simulering: 0,08 W/m²K
 U-værdi efter DS418: 0,08 W/m²K
 Tykkelse: 500 mm

Figur 45: Ydervægsopbygning komforthus.

6.4.1.2 Tag/loft

- 16 mm træbeklædning
- 468 mm mineraluld
- 16 mm træbeklædning

U-værdi benyttet ved simulering: 0,08 W/m²K
 U-værdi efter DS418: 0,08 W/m²K
 Tykkelse: 500 mm

Figur 46: Tagopbygning komforthus.

6.4.1.3 Terrændæk

- 20 mm træbeklædning
- 50 mm mineraluld
- 100 mm beton
- 450 mm EPS80

U-værdi benyttet ved simulering: 0,07 W/m²K
 U-værdi efter DS418: 0,07 W/m²K
 Tykkelse: 620 mm

Figur 47: Terrændæksopbygning komforthus.

6.4.1.4 Vinduer

I Tabel 21 er de tekniske egenskaber for vinduerne benyttet i komforthuset vist. Yderligere information om vinduesstørrelser mm., kan findes i Komfort husene (2010).

	Periode
	Passivhus
U-værdi [W/m²K]	0,62
g-værdi [-]	0,52
LT-værdi [-]	0,52

Tabel 21: Tekniske egenskaber for vinduer: Komforthuset.

6.4.1.5 Linjetab

Der er ikke taget hensyn til linjetab for denne bygning i projektet.

7 Litteraturliste

Aggerholm og Grau, 2008. Søren Aggerholm og Karl Grau. *SBi-anvisning 213: Bygningers energibehov – beregningsvejledning*. Version 4.08.07. Statens Byggeforskningsinstitut, 2008.

Bergsøe, 1991. Niels C. Bergsøe. *SBi-rapport 213: Undersøgelse af ventilationsforhold i nyere boliger*. ISBN 87-563-0782-9. Statens Byggeforskningsinstitut, 1991.

Bergsøe, 1994. Niels C. Bergsøe. *SBi-rapport 236: Ventilationsforhold i nyere, naturligt ventilerede enfamiliehuse*. ISBN 87-563-0866-3. Statens Byggeforskningsinstitut, 1994.

Byggecentrum, 2010. Byggecentrum. *V&S prisbog – Husbygning, Bygningsdele, Anlæg, Renovering og drift*. Elektronisk udgave. Byggecentrum, 2010.

Dansk Varmepumpe Industri A/S, 2010. Dansk Varmepumpe Industri A/S.
http://www.jordvarme.dk/data/images/pdf/DVI_Priskatalog_15.09.2010.pdf. Dansk Varmepumpe Industri A/S 2010.

Energi-Spareudvalget, . Energi-Spareudvalget. *Danskernes huse – Om energibesparelse, vedligeholdelse og forbedringer af typiske, danske enfamiliehuse*. Energi-Spareudvalget.

Energistyrelsen, Teknologisk Institut og Aktuel ByggeRådgivning, 2007. Energistyrelsen, Teknologisk Institut og Aktuel ByggeRådgivning. *Håndbog for energikonsulenter 2006 - Bilagsdel*. Opdateret per 28. september 2007. Energistyrelsen, 2007.

Gaia Solar, 2010. Gaia Solar. <http://www.altomsolceller.dk/produkter/pakker/blaa-standard.aspx>
Gaia Solar Living 2010.

Isover, 2010. Saint-Gobain Isover A/S. *Komfort husene - Erfaringer, viden og inspiration*. 01-03, 1. udgave. 2010.

Jensen et al., 2011a. Rasmus L. Jensen, Jesper Nørgaard, Ole Daniels og Rasmus O. Justesen. *Person- og forbrugsprofiler, bygningsintegreret energiforsyning*. ISSN: 1901-726X, DCE Technical Report no. 69.

Jensen et al., 2011b. Rasmus L. Jensen, Jesper Nørgaard, Ole Daniels og Rasmus O. Justesen. *Beskrivelse af casehuse, bygningsintegreret energiforsyning*. ISSN: 1901-726X, DCE Technical Report no. 70.

Jensen et al., 2011c. Rasmus L. Jensen, Jesper Nørgaard, Ole Daniels og Rasmus O. Justesen. *Beregningsgang, bygningsintegreret energiforsyning*. ISSN: 1901-726X, DCE Technical Report no. 71.

Jensen et al., 2011d. Rasmus L. Jensen, Jesper Nørgaard, Ole Daniels og Rasmus O. Justesen. *Resultater, bygningsintegreret energiforsyning*. ISSN: 1901-726X, DCE Technical Report no. 72.

Jensen et al., 2010. Kasper Risgaard Jensen, Rasmus Lund Jensen, Jesper Nørgaard og Rasmus Onsild Justesen. *Investigation on Moisture and Indoor Environment in Eight Danish Houses*.

Proceedings of the 9th Nordic Symposium on Building Physics : NSB 2011. Volume 3 Tampere, Finland : Tampere University Press, 2011. s. 1127-1134. Aalborg Universitet, 2010.

Kragh og Wittchen, 2010. Jesper Kragh og Kim B. Wittchen. *Danske bygningers energiforbrug i 2050*. Foreløbig udgave. Statens Byggeforskningsinstitut, 2010.

Larsen et al., 2010a. Tine S. Larsen, Rasmus L. Jensen, Mathias R. Andersen, Ole Daniels. *EnergiParcel, Måling af indeklima og energiforbrug – Endelig rapport (EnergiParcel, Measurements of indoor environment and energy consumption – Final report)*, ISSN 1901-726X DCE Technical Report No. 117. Aalborg universitet. 2011.

Larsen, 2010b. Tine Steen Larsen. *Målresultater fra Komfort Husene*. Ikke udgivet. Aalborg Universitet, 2010.

Olufsen og Grimmig, 1993. Peter Olufsen og Mikael Grimming. *SBI-rapport 226: Lavenergihuse i praksis*. ISBN 87-563-0824-8. Statens Byggeforskningsinstitut, 1993.

Realea A/S, 2010. Realea A/S, Tine Steen Larsen, Annegrethe Kraul, Anders Sælan, Ellen Kathrine Hansen og Søren Aggerholm. *4 eksempler på energirenovering af danskernes ynglingsbolig*. ISBN: 978-87-92230-26-3. Energiparcel 2010.

Saint-Gobain Isover a/s, 2010. Saint-Gobain Isover a/s. *Komfort Husene- erfaringer, viden og inspiration*. 1. udgave. Saint-Gobain Isover a/s, 2010.

Velux, 2010. Velux.

<http://www.velux.dk/Private/Produkter/Solvarme/Solvarmepakker/default.aspx>. Velux 2010.

Seneste udgivelser i DCE Technical Report serien

DCE Technical Report; 72

Resultater, bygningsintegreret energiforsyning. Rasmus L. Jensen ; Jesper Nørgaard ; Ole Daniels ; Rasmus O. Justesen. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2011.

DCE Technical Report; 71

Beregningsgang, bygningsintegreret energiforsyning. Rasmus L. Jensen ; Jesper Nørgaard ; Ole Daniels ; Rasmus O. Justesen. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2011.

DCE Technical Report; 70

Beskrivelse af casehuse, bygningsintegreret energiforsyning. Rasmus L. Jensen ; Jesper Nørgaard ; Ole Daniels ; Rasmus O. Justesen. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2011.

DCE Technical Report; 69

Person- og forbrugsprofiler, bygningsintegreret energiforsyning. Rasmus L. Jensen ; Jesper Nørgaard ; Ole Daniels ; Rasmus O. Justesen. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2011.

DCE Technical Report; 67

Energibesparelser i børneinstitutioner ved valg af den optimale ventilationstekniske løsning tilpasset konkrete situationer. Olena Kalyanova Larsen ; Per Heiselberg. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2009.

DCE Technical Report; 66

Synthesis Report on User Acceptability of Ventilation Technologies. Olena Kalyanova Larsen ; Per Heiselberg. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2009.

DCE Technical Report; 65

Results of User Satisfaction Surveys for 18 buildings. Olena Kalyanova Larsen ; Per Heiselberg. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2009.

DCE Technical Report; 54

Undersøgelse af Strategier for Passiv Køling. / Kobbegaard, A. ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

DCE Technical Report; 53

Night-time Ventilation Experiments : Setup, Data Evaluation and Uncertainty Assessment. / Artmann, N. ; Jensen, Rasmus Lund. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

DCE Technical Report; 52

Temperature Measurements Using Type K Thermocouples and the Fluke Helios Plus 2287A Datalogger. / Artmann, N. ; Vonbank, R. ; Jensen, Rasmus Lund. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

DCE Technical Report; 51

State-of-the-art Review : Vol. 2A. Responsive Building Elements : ANNEX 44 : Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings. / Perino, Marco (Redaktør) ; Blümel, Ernst ; Haghighat, Fariborz ; Li, Yuguo ; Haase, Matthias ; Heiselberg, Per ; Olesen, Bjarne W. ; Guarracino, Gérard ; Wurtz, Etienne ; Mora, Laurent ; Xavier, Faure ; Perino, Marco ; Principi, Paolo ; Sawachi, Takao ; Yoshie, Ryuchiro ; Kato, Shinsuke ; Hori, Yuji ; Chikamoto, Tomoyuki ; Kodama, Yuichiro ; Hayashi, Tatsuya ; Ohta, Isamu ; Takahashi, Yasuo ; Hosoi, Akimori ; Andresen, Inger ; Aschehoug, Øyvind ; Hopkowitz, Marian ; Marques da Silva, Fernando ; Wahlström, Åsa ; Sandberg, Mats ; van der Aa, Ad ; Cauberg, Hans ; Imbabi, Mohammed Salah-Eldin ; Kolokotroni, Maria ; Warwick, David ; Chen, Qingyan. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

DCE Technical Report; 50

State-of-the-art Review : Vol. 2B. Integrated Building Concepts : ANNEX 44 : Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings. / Andresen, Inger (Redaktør) ; Kleiven, Tommy (Redaktør) ; Knudstrup, Mary-Ann (Redaktør) ; Heiselberg, Per (Redaktør) ; van der Aa, Ad ; Andresen, Inger ; Asada, Hideo ; Bluemel, Ernst ; Marques da Silva, Fernando ; Haase, Matthias ; Hansen, Hanne Tine Ring ; Hayashi, Tatsuya ; Heiselberg, Per ; Hori, Yuji ; Kato, Shinsuke ; Knudstrup, Mary-Ann ; Kolarik, Jakub ; Kolokotroni, Maria ; Miura, Mitsuki ; Nishizawa, Shigeki ; Satake, Akira ; Sawachi, Takao ; Tochigi, Manabu ; Yanai, Takashi ; Yoshie, Ryuchiro ; Wahlström, Åsa ; Warwick, David. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

DCE Technical Report; 49

State-of-the-art Review : Vol. 2B. Methods and Tools for Designing Integrated Building Concepts : ANNEX 44 : Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings. / Andresen, Inger (Redaktør) ; Kleiven, Tommy (Redaktør) ; Knudstrup, Mary-Ann (Redaktør) ; Heiselberg, Per (Redaktør) ; van der Aa, Ad ; Andresen, Inger ; Asada, Hideo ; Bluemel, Ernst ; Marques da Silva, Fernando ; Haase, Matthias ; Hansen, Hanne Tine Ring ; Hayashi, Tatsuya ; Heiselberg, Per ; Hori, Yuji ; Kato, Shinsuke ; Knudstrup, Mary-Ann ; Kolarik, Jakub ; Kolokotroni, Maria ; Miura, Mitsuki ; Nishizawa, Shigeki ; Satake, Akira ; Sawachi, Takao ; Tochigi, Manabu ; Yanai, Takashi ; Yoshie, Ryuchiro ; Wahlström, Åsa ; Warwick, David. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

DCE Technical Report; 48

State-of-the-art Review : Vol. 1. State-of-the-art Report : NNEX 44 : Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings. / Aschehoug, Øyvind (Redaktør) ; Andresen, Inger (Redaktør) ; Andresen, Inger ; Haghighat, Fariborz ; Heiselberg, Per ; Li, Yuguo ; Olesen, Bjarne W. ; Perino, Marco ; Principi, Paolo ; Silva, Fernanda Marques da ; Yoshie, Ryuchiro ; Zhang, Jian. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

DCE Technical Report; 34

Experimental Set-up and Full-scale measurements in the 'Cube'. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

DCE Technical Report; 33

Final Empirical Test Case Specification : Test Case DSF100_e and DSF200_e. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

DCE Technical Report; 32

Investigation on Smoke Movement and Smoke Control for Atrium in Green and Sustainable Buildings. / Fang, Lui ; Nielsen, Peter V. ; Brohus, Henrik. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2007.

DCE Technical Report; 30

Empirical Validation of Building Simulation Software : Modelling of Double Facades. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2007.

DCE Technical Report; 29

BSim Modeler Report : Empirical Validation of Building Simulation Software : Technical Report IEA ECBCS Annex43/SHC Task 34 Validation of Building Energy Simulation Tools : Subtask E. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

DCE Technical Report; 28

Comparative Test Case Specification. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2007.

DCE Technical Report; 27

Empirical Validation of Building Simulation Software : Modeling of Double Facades : Final Report. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

DCE Technical Report; 26

Komponentudvikling til el-effektiv behovsstyret hybrid ventilation i boliger : Forundersøgelse. / Heiselberg, Per ; Hendriksen, Ole Juhl ; Antvorskov, Signe. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2007.

DCE Technical Report; 25

BSim Modeler Report : Comparative Validation of Building Simulation Software. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2007.

DCE Technical Report; 24

Comparative Validation of Building Simulation Software : Modeling of Double Facades : Final Report. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2007.

DCE Technical Report; 13

Indeklimaundersøgelse hos Københavns Energi : foretaget i perioden 1. juli 2005 - 30. juni 2006 / Larsen, Tine S. ; Jensen, Rasmus Lund ; Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per.. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2006.

DCE Technical Report; 6

Empirical Test Case Specification : Test Case DSF200_e : IEA ECBCS Annex43/SHC Task 34 : Validation of Building Energy Simulation Tools. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2006.

DCE Technical Report; 5

Comparative Test Case Specification : Test Cases DSF200_3 and DSF200_4 : IEA ECBCS Annex43/SHC Task 34 : Validation of Building Energy Simulation Tools. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2006.

DCE Technical Report; 4

Unsteady Simulations of the Flow in a Channel Flow and a Ventilated Room Using the SST-SAS Model. / Davidson, Lars ; Nielsen, Peter V.. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2006.

DCE Technical Report; 3

Air Distribution in Aircraft Cabins Using Free Convection Personalized Ventilation. / Nielsen, Peter V..
Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2006.

DCE Technical Report; 2

Free Convection Personalized Ventilation (FCPV). / Nielsen, Peter V.. Aalborg : Aalborg University.
Department of Civil Engineering, 2006.

